

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-323863

(43)Date of publication of application : 10.12.1996

(51)Int.Cl.

B29C 65/04
 B29C 65/48
 B60B 35/12
 // B29K105:06
 B29L 9:00
 B29L 23:00

(21)Application number : 07-308027

(71)Applicant : KINUGAWA RUBBER IND CO LTD

(22)Date of filing : 28.11.1995

(72)Inventor : FUJIWARA TAKASHI
 GOTO SATOSHI
 WATANABE SHOZO

(30)Priority

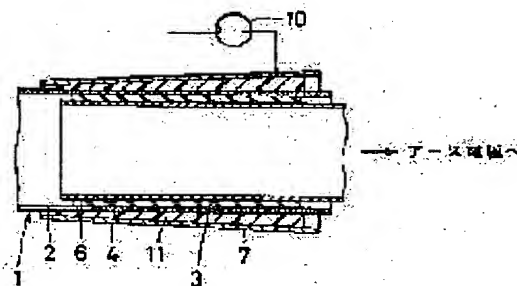
Priority number : 07 75744 Priority date : 31.03.1995 Priority country : JP

(54) METHOD FOR BONDING OUTER AND INNER CYLINDRICAL BONDIES

(57)Abstract:

PURPOSE: To uniformly and strongly bond a different kind of materials, for example, FRP and metal over a wide bonding area with high reliability.

CONSTITUTION: A main electrode 7 is arranged to the outside of an FRP shaft part 2 into which a metal yoke part 3 is inserted under pressure and an earth electrode is connected to the yoke part 3. A current is supplied across the main electrode 7 and the shaft part 2 in such a state that an electric insulating almost cylindrical spacer 11 gradually increased in thickness as approaching the earth electrode is inserted in the gap between them to perform dielectric heating. The rubber insulator 6 preliminarily vulcanized to be bonded to the outer peripheral surface of the yoke part 3 is subjected to dielectric heating and the heating reaction type adhesive preliminarily applied to the inner peripheral surface of the shaft part 2 is reacted to strongly bond the shaft part 2 and the yoke part 3 through the insulator 6.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-323863

(43) 公開日 平成8年(1996)12月10日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	F I
B29C 65/04	7639-4F	B29C 65/04
65/48	7639-4F	65/48
B60B 35/12		B60B 35/12
// B29K105:06		
B29L 9:00		

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全10頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-308027

(22) 出願日 平成7年(1995)11月28日

(31) 優先権主張番号 特願平7-75744

(32) 優先日 平7(1995)3月31日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000158840

鬼怒川ゴム工業株式会社

千葉県千葉市稲毛区長沼町330番地

(72) 発明者 藤原 孝志

千葉県千葉市稲毛区長沼町330番地 鬼怒

川ゴム工業株式会社内

(72) 発明者 後藤 聡

千葉県千葉市稲毛区長沼町330番地 鬼怒

川ゴム工業株式会社内

(72) 発明者 渡辺 省三

千葉県千葉市稲毛区長沼町330番地 鬼怒

川ゴム工業株式会社内

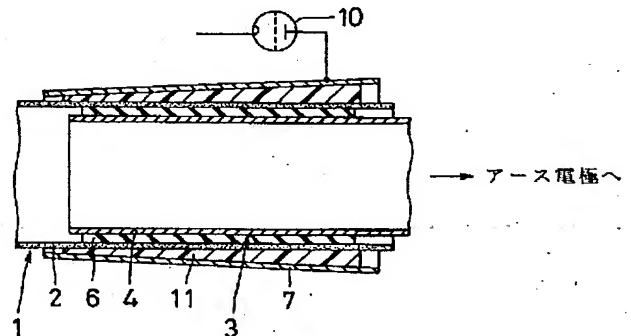
(74) 代理人 弁理士 志賀 富士弥 (外2名)

(54) 【発明の名称】 外筒部材と内筒部材との接合方法

(57) 【要約】

【課題】 接合面積が広く且つFRPと金属との異種材料であっても、その両者を均一且つ強固に接合できる信頼性の高い接合方法を提供する。

【解決手段】 金属製のヨーク部3を圧入したFRP製の軸部2の外側に主電極7を配置する一方、ヨーク部3にはアース電極8を接続する。主電極7と軸部2との間にアース電極8に近づくにつれて厚みが漸増する略円筒状の電気絶縁性のスペーサ11を挿入した状態で通電して誘電加熱を行う。ヨーク部3の外周面に予め加硫接着したゴム製のインシュレータ6を誘電加熱させ、軸部2の内周面に予め塗布された加熱反応型の接着剤を反応させて軸部2とヨーク部3とをインシュレータ6を介して強固に接合させる。



- 1 ... 車両用プロペラシャフト
- 2 ... 軸部(外筒部材)
- 3 ... ヨーク部(内筒部材)
- 4 ... ヨーク軸
- 6 ... インシュレータ(中間部材)
- 7 ... 主電極
- 8 ... アース電極
- 11 ... スペーサ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 FRP 製の外筒部材の内周面に加熱反応型の接着剤を塗布する一方、金属製の内筒部材の外周面にゴム配合物よりなる中間部材を予め加硫接着し、該内筒部材を前記外筒部材に所定位置まで圧入した後に、前記外筒部材の外側であって少なくとも中間部材と重合する部分に略円筒形状の主電極を配置するとともに前記内筒部材の端部にアース電極を接続し、前記主電極に高周波電流を印加して誘電加熱法により前記中間部材を発熱させて、この中間部材の発熱によって前記接着剤を反応させることにより前記外筒部材と内筒部材とを接合させる方法であって、

前記主電極と外筒部材との間にアース電極に近づくにつれて厚みが漸増する略円筒状の電気絶縁性のスペーサーを挿入し、このスペーサーを挿入した状態で前記誘電加熱を行うことを特徴とする外筒部材と内筒部材との接合方法。

【請求項 2】 前記誘電加熱を行っているときに、前記外筒部材と内筒部材とをそれらの軸心を回転中心として一体的に回転させることを特徴とする請求項 1 記載の外筒部材と内筒部材との接合方法。

【請求項 3】 FRP 製の外筒部材の内周面に加熱反応型の接着剤を塗布する一方、金属製の内筒部材の外周面にゴム配合物よりなる中間部材を予め加硫接着し、該内筒部材を前記外筒部材に所定位置まで圧入した後に、前記外筒部材の外側であって少なくとも中間部材と重合する部分に主電極を配置するとともに前記内筒部材の端部にアース電極を接続し、外筒部材と内筒部材とをそれらの軸心を回転中心として一体的に回転させながら前記主電極に高周波電流を印加して誘電加熱法により前記中間部材を発熱させて、この中間部材の発熱によって前記接着剤を反応させることにより前記外筒部材と内筒部材とを接合させる方法であって、前記主電極は、外筒部材の外周面のうち円周方向の一部を覆う断面円弧状のものであることを特徴とする外筒部材と内筒部材との接合方法。

【請求項 4】 外筒部材の外周面のうち主電極の幅内であって且つ該主電極で覆われていない部分に非接触式の温度計のセンサ部を臨ませて誘電加熱中の外筒部材の表面温度を検出し、この検出温度に基づいて主電極に印加すべき高周波電流を制御することを特徴とする請求項 3 記載の外筒部材と内筒部材との接合方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、外筒部材が FRP（繊維強化プラスチック）、内筒部材が金属からなる異種被着材同士を、共に劣化させることなく短時間で強固に加熱接合させる方法に係り、特に車両用プロペラシャフト（推進軸）における FRP 製の軸部とその両端の金属製のヨーク部とをゴム製のインシュレータを介して接

合させるのに好適な接合方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 周知のように、FRP 製のプロペラシャフトは、鋼管製のものに比べて軽量で耐食性に優れるなどの利点を有しているため、自動車の燃費向上等を目的として以前から開発が進められている。

【0003】 しかしながら、プロペラシャフトの軸部についてはその FRP 化が可能であっても、相手側軸部との結合部となる両端のヨーク部はその機能よりして FRP 化することができず従来通り金属製のものとしなければならない。このようなことから、FRP 製の軸部とその両端の金属製のヨーク部とを接合させる異種材料接合技術が必要となる。

【0004】 FRP は溶接が不可能であるため、相手部材との結合には一般的にエポキシ系接着材等の常温～100℃程度の比較的低温度で硬化する接着剤が用いられる。この接着剤を用いて FRP と金属とを接着した場合、初期の接合強度は大きくても、両者の熱膨張率が大きく異なるため、膨張、収縮が繰り返されると経年変化によって接合部に亀裂が生じてしまい、その接合部の信頼性が低下する虞れが大きい。

【0005】 そこで、本発明者らは FRP 製の外筒部材と金属製の内筒部材とを直接接合することはせずに、両者の間にゴム製の中間部材（インシュレータ）を介在させ、このゴム製の中間部材によって内外筒部材間の膨張、収縮差を吸収する技術を開発し、特に外筒部材と、内筒部材側に予め加硫接着した中間部材との接合技術の特開平 6 - 1 3 4 8 7 0 号公報および特開平 6 - 2 7 8 2 1 0 号公報として提案している。

【0006】 この技術は、外周に中間部材として加硫ゴムを接着した金属製の内筒部材を、内周面に予め接着剤を塗布した FRP 製の外筒部材に圧入した上、外筒部材の外周に円筒状の電極を配置するとともに、内筒部材の一端にアース板を接続し、電極側からアース板側に高周波電流を流して、その高周波誘電加熱を利用して中間部材である加硫ゴムのみを発熱させ、この熱で外筒部材の内周面に塗布した接着剤を活性化させて接合するものである。

【0007】 この接合方法の最大の利点は、反応温度が 120～160℃という高温反応型の接着剤を用いながらも、被着材を熱劣化させることなく加熱接合が可能という点である。そのため、極めて短時間で強固な接合物が得られるうえに、接合部の耐熱性も良好で初期強度が長期にわたって保持されるという信頼性も併せ持っている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前記従来の接合技術を用いてプロペラシャフトの軸部とヨーク部とを接合する場合、接合される二部材の接合面積が広くなるためにその両者の接合面全体を強固に接合させる

10

20

30

40

50

ことはできなかった。

【0009】すなわち、電極に印加された高周波電流は、その電極から内筒部材を通してその内筒部材に連結されたアース板へと流れ、特に内筒部材では電極とアース板とを最短距離で結ぶ部分を電路として高周波電流が集中的に流れる傾向にあり、内筒部材のうちアース板に近い部位の方が高周波電流がより多く流れる。そして、従来技術のように接合面が軸方向に短い場合は、この電界強度のむらはほとんど発生しないので中間部材を均一に加熱させることができる。

【0010】しかし、プロペラシャフトのように接合面が軸方向に長い場合には、軸部とヨーク部との間に電界強度のむらが発生する。つまり、中間部材を誘電加熱させて接着剤の反応に必要な温度まで確実に発熱させることができるのは高周波電流が多く流れるアース板に近い一端部側だけとなり、アース板から離れている他端部側での発熱は緩慢なものとなる。このため、中間部材を均一に加熱することができなくなり、結果的には温度むらのために均一な接着反応を進行させることができない。

【0011】また、上記の電界強度のむらは接合面の円周方向についても起こり得る。つまり、プロペラシャフトの軸部とヨーク部との接合部は一般的に円筒形状であるが、電極のうち高周波電源からの端子が接続される位置に近い部分と、その端子接続位置から遠い部分すなわち端子接続位置に対して円周方向の180度逆側の位置とを比較した場合、端子接続位置に近い部分の方が高周波電流がより多く流れるため、端子接続位置から遠い部分では発熱が緩慢となり、この電界強度のむらは、接合部の直径が大きくなるほど顕著となる。

【0012】しかも、中間部材となるゴム材は熱伝導率の低い物質であるため、中間部材の一部分が加熱され温度上昇したとしても残りの部分まではその熱が速やかに伝導しないのである。

【0013】このように、従来の技術では電界強度のむらによって中間部材を均一に加熱させることができないために接着反応が不均一となり、FRP製の軸部と金属製のヨーク部とを中間部材を介して強固に接合させることはできなかった。

【0014】そこで本発明は、接合面積が広く、かつFRPと金属との異種材料であってもその両者を中間部材を介して強固に接合でき、しかも接合後も接合強度等の信頼性の高い外筒部材と内筒部材との接合方法を提供するものである。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は、FRP製の外筒部材の内周面に加熱反応型の接着剤を塗布する一方、金属製の内筒部材の外周面にゴム配合物よりなる中間部材を予め加硫接着し、該内筒部材を前記外筒部材に所定位置まで圧入した後に、前記外筒部材の外側であって少なくとも中間部材と重合する部分に略円筒形状の主電極

を配置するとともに前記内筒部材の端部にアース電極を接続し、前記主電極に高周波電流を印加して誘電加熱法により前記中間部材を発熱させて、この中間部材の発熱によって前記接着剤を反応させることにより前記外筒部材と内筒部材とを接合させる方法であって、前記主電極と外筒部材との間にアース電極に近づくにつれて厚みが漸増する略円筒状の電気絶縁性のスペーサーを挿入し、このスペーサーを挿入した状態で前記誘電加熱を行うようにしたものである。

10 【0016】そして、前記誘電加熱を行っているときに、前記外筒部材と内筒部材とをそれらの軸心を回転中心として一体的に回転させるのが望ましい。

【0017】上記のように、誘電加熱中に外筒部材と内筒部材とを一体的に回転させることを前提とした場合には、前記スペーサーを使用するかしないかにかかわらず、略円筒形状の主電極に代えて、外筒部材の外周面のうち円周方向の一部を覆う断面円弧状、例えば半円形状や1/4円形状の主電極を用いることがよく、同時に、外筒部材の外周面のうち主電極の幅内であって且つ該主電極で覆われていない部分に非接触式の温度計のセンサ部を臨ませて誘電加熱中の外筒部材の表面温度を検出し、この検出温度に基づいて主電極に印加すべき高周波電流を制御する。

【0018】ここで、電気絶縁性の物質は一般的には誘電体であり、これが電極とアース電極との間に存在すると電界強度を変化させることが知られている。また、その厚みも重要な因子であるため、材質と厚みを工夫すれば、高周波誘電加熱法を用いても複雑な製品をある程度までは均一に急速加熱できる。

30 【0019】本発明においては、電気絶縁性の物質であるスペーサーを電極間に挿入し、しかもその厚みをアース電極に近づくにつれて漸増させることによって電界強度を調整し、接合面全体を特に軸心方向で均一に加熱できるようにしている。従来はアース電極に近づくにつれて、すなわち外筒部材の端部に近づくにつれて温度の上昇が早かったのであるが、本発明では接合面の軸心方向全域にわたりほぼ同速度での温度上昇が可能となる。このため、接着剤の適正な反応温度まで加熱を続けることにより、中間部材とFRP製の外筒部材とが設計通りの接合面積で強固に接合され、予め中間部材と金属製の内筒部材とは公知の加硫接着により強固に接着されているので、この結果、FRP製の外筒部材と金属製の内筒部材とを中間部材を介して強固に接合させることができる。

40 【0020】また、誘電加熱時に、外筒部材と内筒部材とをそれらの軸心を回転中心として一体的に回転させることによって、円周方向の電界強度むらも軽減できるようになるため、FRP製の外筒部材と金属製の内筒部材とを中間部材を介してより一層強固に接合させることができる。

【0021】しかも、上記の略円筒形状の主電極に代えて、外筒部材の外周面のうち円周方向の一部を覆う断面円弧状の主電極、例えば半円形状や1/4円形状の主電極を用いることにより、外筒部材と主電極との相対位置決めが容易となるほか、両者の相対回転時の摩擦抵抗も低減できる。

【0022】また、断面円弧状の主電極を用いることによって、外筒部材の外周面のうち主電極の幅内の一部が外部に露出することになるために、その部分に温度センサを臨ませて外筒部材の表面温度をリアルタイムでモニタリングし、設定温度との比較により高周波電流の出力調整や供給電流を遮断することにより、過熱や加熱不足による欠陥の発生を未然に防止して品質の向上が図れるようになる。

【0023】

【発明の実施の形態】次に本発明に係る外筒部材と内筒部材との接合方法の実施の形態を、車両用プロペラシャフトを例にとりて図面を参照して説明する。

【0024】図5に示すように、車両用プロペラシャフト1は外筒部材としてのFRP製の中空円筒状の軸部2と、内筒部材としての金属製のヨーク部3とを備え、軸部2の両端にヨーク部3をそれぞれ圧入して接合させるものである。

【0025】軸部2は、エポキシ樹脂をマトリックス樹脂とし、強化層として炭素繊維を例えば60vol%含むFRP（略称CFRP）からなり、炭素繊維の他にもガラス繊維、アラミド繊維等を強化層として用いることもでき、また、マトリックス樹脂についてもフェノール樹脂等の樹脂を用いることもできる。この軸部2の内周面のうちヨーク部3が圧入される部分には加熱反応型の接着剤が予め塗布される。

【0026】ヨーク部3は、図5のほか図6に示すように、中空円筒状のヨーク軸4の一方の端部にプロペラシャフト1と結合されるべき図示外の相手側軸部との接続部となるコの字状のヨーク本体5が形成され、該ヨーク本体5の両面には孔5aが穿設されている。一方、ヨーク軸4の他端側の外周面には中間部材としてゴム配合物からなるインシュレータ6が予め加硫接着されている。このインシュレータ6には、軸部2に挿入し易いように両側面に複数の空間部6aが形成されている。

【0027】そして、インシュレータ6に圧縮力を加えながらヨーク部3を軸部2の両端部の所定位置まで圧入する。その上で、図1、2に示すように、軸部2に主電極7を、ヨーク部3にアース電極8をそれぞれ接続する。

【0028】アース電極8は図2に示すように、略円形の電極部8aと略コの字状の接続部8bとからなり、接続部8bの両面には図示しない孔が穿設されている。こ

の接続部8bの孔とヨーク本体5の孔5aとを合致させて、真鍮等の金属からなる接続ピン9をそれらの孔8b、5aに挿入してアース電極8をヨーク部3に接続する。

【0029】一方、主電極7は真鍮等によりテーバーコーン状の円筒形状に形成され、軸部2にヨーク部3が圧入されたときのそのヨーク軸4の圧入長さよりもわずかに長い長さに設定されている。この主電極7は軸部2の外側であってヨーク部3側のヨーク軸4と重合する部位に配置される。そして、主電極7に高周波発振器10が接続される。

【0030】ここで、主電極7と軸部2との間には図1に示すように、電気絶縁性のテーバーコーン状のスペーサー11が挿入される。スペーサー11は、図3、4に示すように、円筒形状で一端11aから他端11bに向かって次第に厚みが増す肉厚漸増タイプのものとして形成され、厚みの大きい他端11bがアース電極8側になるように主電極7と軸部2との間であって且つヨーク部3側のインシュレータ6と重合する位置に挿入される。すなわち、スペーサー11の長さはインシュレータ6の長さよりもわずかに大きく設定されている。このスペーサー11は、誘電率が大きく誘電正接が小さな電気絶縁材料でさえあれば特にその材質は問わないが、後述するように誘電加熱時に回転を加えることを考慮すれば表面の摩擦抵抗ができるだけ小さな例えば四フッ化エチレン樹脂等の材質が望ましい。また、軸部2の外側表面に配置し易いように半円形のものを2個作成し、これを組み合わせる円筒形状のスペーサー11になるようにするのが望ましい。

【0031】そして、各部材を図1、2のように配置して、後述するように主電極7に高周波電流を印加して誘電加熱を行うものである。

【0032】次に上記誘電加熱法による具体的な接合方法を表1に示す実施例1、2および比較例1~4について詳しく説明する。

【0033】実施例1では、軸部2は、内径が約76mm、厚みが約3.2mm、全長が1200mmのものを使用した。スペーサー11については、肉厚の小さい一端11aの厚みを0.2mm、肉厚の大きい他端11bの厚みを5.0mmとし、内径は軸部2の外径に合わせ約82.6mm、全長は約150mmのものを使用した。このスペーサー11の材質は四フッ化エチレン樹脂（略称PTFE）を採用した。また、高周波発振器10については、周波数が40MHz、最大出力が3kWのものを使用した。なお、この実施例1で使用するインシュレータ6のゴム配合物の配合を表2に示す。

【0034】

【表1】

	実施例		比較例			
	1	2	1	2	3	4
高周波印加時間 (sec)	各90	各90	各90	各90	各90	各90
スペーサーの厚み (mm)	0.2~5.0 漸増タイプ	0.2~5.0 漸増タイプ	0 (スペーサー 未使用)	0.2 一定タイプ	5.0 一定タイプ	5.0 一定タイプ
製品の回転数 (rpm)	0 (回転なし)	約3	0 (回転なし)	0 (回転なし)	0 (回転なし)	約3
振り破壊強度 (kg・m)	420	440	330	330	340	350
破壊の様子※ (%)	R : 80 RC : 20	R : 90 RC : 10	R : 20 RC : 80	R : 20 RC : 80	R : 25 RC : 75	R : 35 RC : 65

※ : R はゴム部の凝集破壊が生じていることを表す。

RC は接着剤とゴムの界面で剥離が起きていることを表す。

【0035】

【表2】

配合資材	重量部
NR	65
BR	35
亜鉛華	5
ステアリン酸	1
老化防止剤	4
カーボンブラック	40
可塑剤	20
硫黄	1.5
加硫促進剤	0.6
合 計	172.1

【0036】そして、各部材を図1、2のように配置して、主電極7に高周波電流を印加して一方のヨーク部3側を90秒間、誘電加熱を行ってから、他方のヨーク部3側も同一条件下で誘電加熱を行った。両側の誘電加熱が終了したものを室温になるまで自然冷却し、その後5deg/minの振り速度で静的な振り破壊試験を行った。この静的な振り破壊強度の測定終了後、接合部にあたる軸部2の端部をグラインダー等で切り広げ、インシュレータ6と軸部2との接合界面の様子を観察し、どの層が破壊されているのかを確認した。

【0037】実施例2では、ヨーク部3および軸部2を、それらの軸心を回転中心として一体的に約3rpmの速度で回転させながら、それ以外は実施例1と全く同一条件下で誘電加熱とその後の評価を行った。

【0038】比較例1では、スペーサー11を用いることなく、しかもヨーク部3および軸部2を回転させることなしに、それ以外は実施例1と全く同一条件下で誘電加熱とその後の評価を行った。

【0039】比較例2では、肉厚が0.2mmで一定の単純円筒タイプのスペーサーを用いて、それ以外は実施例1と全く同一条件下で誘電加熱とその後の評価を行っ

た。

【0040】比較例3では、肉厚が5.0mmで一定の単純円筒タイプのスペーサーを用いて、それ以外は実施例1と全く同一条件下で誘電加熱とその後の評価を行った。

【0041】比較例4では、肉厚が5.0mmで一定の単純円筒タイプのスペーサーを用いて、それ以外は実施例2と全く同一条件下で誘電加熱とその後の評価を行った。表1から明らかなように、実施例1、2のように厚みが漸増するタイプのスペーサー11を使用した場合、振り破壊強度は420kgf・m以上にまで達する。

【0042】これに対し、比較例1~3のようにスペーサー11を用いなかったり、たとえ用いてもその厚みが一定である場合には、振り破壊強度は330~340kgf・m程度にとどまる。破壊の様子も、実施例1、2では接着面積のうち約80%以上がゴムの凝集破壊を起こすほど強固に接合されているのに対し、比較例1~3では凝集破壊が20~35%と低レベルの反応率であった。

【0043】また、ヨーク部3および軸部2を回転させながら誘電加熱を行った実施例2の場合には、実施例1よりも更に破壊強度で20kgf・m、凝集破壊の割合で10%それぞれ向上した。

【0044】比較例4は、スペーサーの厚みは一定のまままで実施例2と同様の回転を与えた場合であるが、比較例1~3に比較すると破壊強度で20kgf・m、凝集破壊の割合で10%前後の改善が見られた。このように、誘電加熱中の回転の効果は確実に認められ、特に厚みが漸増するタイプのスペーサー11と併用した場合には、接着剤の反応はほぼ均一の速度で進行して最終的には100%に近い反応率を示し、かつ振り破壊強度も大きく向上することが明らかになった。

【0045】以上説明したようにこの実施例1、2によれば、スペーサー11の厚みの変化によって軸方向の電

界強度を調整し、また、誘電加熱を行っているときにヨーク部 3 と軸部 2 とを回転させることで円周方向の電界強度を調整して、インシュレータ 6 と軸部 2 との接合面全域にわたりほぼ等速度で発熱を行わせることができる。このため、加熱反応型の接着剤が接合面全域にわたり速やかに且つ均一に反応することによって、インシュレータ 6 と軸部 2 とを加熱反応型の接着剤で強固に接合でき、その結果、軸部 2 とヨーク部 3 とをインシュレータ 6 を介して強固に接合することができる。従って、簡便且つ短時間で、車両用プロペラシャフト 1 における F R P 製の軸部 2 と金属製のヨーク部 3 とを強固に接合できる。

【0046】また、プロペラシャフト 1 は、車体に組み込まれた状態で温度変化のほかに駆動トルクの急変が何度に加わるという苛酷な条件下で使用されることになるが、熱膨張率の異なる軸部 2 とヨーク部 3 との間にインシュレータ 6 が介在しているために、このインシュレータ 6 が緩衝効果を発揮して接合面の負担を軽減する役割をするために、軸部 2 とヨーク部 3 とは分離することはなくなる。従って、接合後においても接合強度の信頼性が高まる。

【0047】図 7 はスペーサーの変形例を示す図で、肉厚が一定のスペーサー本体 1 2 を基本として、これの外周に各々の長さや内外径を段階的に異ならせたシート状のスペーサー素片 1 3 a ~ 1 3 e を幾層にも積層して、断面略階段状のスペーサー 1 4 を形成したものである。

【0048】この構造によれば、前記第 1、2 実施例の作用効果に加えて、電界強度のむらに対応してスペーサー 1 4 の厚みを任意に変えることが可能となるので、一層良好な電界強度の調整をすることができ、接合面全域にわたり一段と均一な加熱を行うことができる。このため、インシュレータ 6 と軸部 2 とがより強固に接合することになり、その結果、プロペラシャフト 1 の軸部 2 とヨーク部 3 とをインシュレータ 6 を介してより強固に接合することができる。

【0049】図 8 はスペーサーの他の変形例を示す図で、スペーサー 1 5 の外周面 1 5 a をその一端 1 5 b から他端 1 5 c に向かって断面放物線形状の曲面状に形成したものである。

【0050】この構造によれば、テーバーの度合いが一定でなく、他端 1 5 c に近づくにしたがってその厚みが急増するため、図 7 に示したものと同様に電界強度のむらに対応してより一層良好な電界強度の調整をすることができる。

【0051】図 9、10 は本発明の他の実施の形態を示す図であって、軸部 2 およびヨーク部 3 を回転させながら誘電加熱処理を行うものの、主電極として略円筒形状のものに代えて半円状のものをを用いた点で先の実施の形態と異なっている。

【0052】より詳しくは、図 9、10 に示すように、

プロペラシャフト 1 の軸部 2 の両端におけるヨーク部 3 に金属製の支持金具 2 1 a または 2 1 b をそれぞれ連結し、一方の支持金具 2 1 a をモータユニット 2 2 の駆動軸 2 3 に連結する一方、他方の支持金具 2 1 b を被動軸 2 4 に連結するとともに、この被動軸 2 4 をロータリージョイント 2 5 に回転自在に軸受支持させてある。これにより、モータユニット 2 2 を駆動源としてプロペラシャフト 1 を所定速度で回転駆動できるようになっている。また、他方の支持金具 2 1 b と被動軸 2 4 およびロータリージョイント 2 5 をアース電極として兼用して、ロータリージョイント 2 5 を接地してある。なお、前記モータユニット 2 2 は、モータ本体 2 6 とギヤボックス 2 7 とから構成されている。

【0053】そして、軸部 2 の一端外周に、高周波発振器 1 0 に接続される主電極 2 8 が配置されることになるのであるが、この主電極 2 8 は軸部 2 の下半部を覆うように断面半円状のものとして形成されていて、それら軸部 2 と主電極 2 8 との間には同じく半円状のスペーサー 2 9 を介在させてある。このスペーサー 2 9 は必ずしも必須ではないが、軸部 2 と主電極 2 8 との相対回転時の摩擦抵抗を低減する上ではスペーサー 2 9 を設けた方がよい。ただし、スペーサー 2 9 は、適度な剛性を有していて、かつ高周波誘電加熱時の妨げにならないように誘電体損失が小さいことが重要であり、例えば四フッ化エチレン樹脂 (P T F E) 製のものや、シリコン樹脂製のものをを用いるのが望ましい。

【0054】また、前記主電極 2 8 およびスペーサー 2 9 は必ずしも半円状のものである必要はなく、例えば 1 / 3 円形状や 1 / 4 円形状のものなど、要は軸部 2 の円周方向の一部を覆い得るような断面円弧状のものであればよい。

【0055】他方、軸部 2 をはさんで主電極 2 8 と対向する部分には非接触式の温度計である赤外線放射温度計 3 0 のプローブ (センサ部) 3 1 が軸部 2 に接触しないように配置されていて、その検出出力は光ファイバー 3 2 を介して温度計本体 3 3 に入力されるとともに、この温度計本体 3 3 の出力は高周波制御部 3 4 に入力されるようになっている。これにより、後述するように高周波誘電加熱中における軸部 2 の表面温度がリアルタイムで検出されて高周波制御部 3 4 に入力されることになる。そして、この検出温度と設定温度との比較により、高周波電流の出力調整やその供給電流の遮断処理が行われる。

【0056】ここで、高周波誘電加熱中における接着剤近傍の温度と軸部 2 の表面温度との間には図 1 1 に示すような密接な相関関係があり、いずれか一方の温度を測定できればそれに対応する他方の温度は推定可能となる。これは、F R P 製の軸部 2 自体はほとんど自己発熱せず、インシュレータ 6 からの熱伝導のみで昇温しているためである。そして、図 1 1 から明らかなように、軸

部2の表面温度が100～110℃位になれば内部温度は140～150℃位になっている。これは接着剤の反応に十分な温度であり、しかもこの程度の温度でインシュレータ6を加熱したとしても数分程度であればインシュレータ6のゴム材質の物性にはほとんど影響はない。したがって、上記のように軸部2の表面温度をモニタリングし、その温度が設定温度に到達した時点で高周波電流の供給を遮断する。

【0057】次に、図9、10に示した高周波誘電加熱法による具体的な接合方法を、表3に示す実施例3、4および比較例5、6として詳しく説明する。

【0058】実施例3では、エポキシ樹脂をマトリックス樹脂とし、かつ強化層として炭素繊維を60vol%含有したFRP製の軸部2（内径76.6mm、肉厚3.1mm）を使用した。そして、図9、10に示すように半円状の主電極28とスペーサー29とを用いて、プロペラシャフト1を5～10rpmで回転させながら高周波誘電加熱処理を行った。高周波発振器10の仕様

は、周波数が約40MHz、出力が3kWとした。なお、この実施例3で使用するインシュレータ6のゴム配合物の配合を表4に示す。

【0059】高周波誘電加熱中の軸部2の表面温度をモニタリングし、その表面温度が平均的に105～110℃の値となった時点で高周波発振器10の発振を停止した。

【0060】その後、直ちに主電極28を外し、軸部2の表面温度分布を視覚化する装置（商品名：サーモビューアー、日本電子（株）製）を用いて、表面温度のばらつきを確認した。

【0061】加熱処理後のプロペラシャフト1が室温になるまで自然冷却した後、振り破壊試験を行ない、破壊強度と破壊の様子を観察した。なお、振り速度は5deg/minとした。

【0062】

【表3】

	実施例		比較例	
	3	4	5	6
樹脂素材	エポキシ樹脂	ナイロン66	エポキシ樹脂	ナイロン66
強化層と含有率	炭素繊維60%	ガラス繊維40%	炭素繊維60%	ガラス繊維40%
平均温度	107	108	106	108
円周方向の標準偏差	1.8	1.5	3.4	3.9
振り破壊強度(kgf・m)	470	460	380	370
破壊の様子(%)※	R:100	R:100	R:85 RC:15	R:85 RC:15

※：Rはゴムの凝集破壊を表す（接着剤の反応が進行して、完全に接着している）。

RCはゴムと接着剤間で剥離していることを表す（接着剤が未反応のまま残っている）。

【0063】

【表4】

配合資材名	重量部
NR	80
BR	20
亜鉛華3号	5
ステアリン酸	1
老化防止剤	6
PEFカーボン	40
パラフィン系オイル	4
加硫促進剤	1.2
硫黄	3
合 計	160.2

【0064】実施例4では、ナイロン66をマトリックス樹脂とし、かつ強化層としてガラス繊維を40wt%含有したFRP製の軸部2を使用し、それ以外は実施例

3と全く同じ条件で高周波誘電加熱処理を行った。

【0065】比較例5では、実施例3と同様の材質の軸部2を使用し、図12に示すように円筒状の主電極41とスペーサーとを用いて、軸部2およびヨーク部3を回転させることなく、それ以外は実施例3と同じ条件で高周波加熱処理を行った。加熱時間は140秒とした。

【0066】比較例6では、実施例4と同じ材質の軸部2を使用し、それ以外は比較例5と同じ条件で高周波加熱処理を行った。

【0067】表3から明らかなように、実施例2、3も比較例5、6も加熱直後の軸部2の表面の平均温度はほぼ等しいにもかかわらず、温度のばらつき（標準偏差）は実施例3、4の方が小さく、ほぼ均一な加熱が行われていることがわかる。これは、加熱中のプロペラシャフト1に回転運動を与えたことによる効果で、比較例5、6に比べて高周波エネルギーが円周方向で均等に分散していることをうかがわせる。

【0068】その結果、振り強度および破壊の様子にも

改善の跡がみられ、従来ではほとんど見られなかった R : 1 0 0 % を達成することが可能となった。この R : 1 0 0 % とは、振り試験後の接着面の破壊状況が全てゴムの凝集破壊になるほど完全に接着剤の反応が進行していることを意味し、振り破壊強度も比較例 5, 6 に比べて格段に向上している。なお、実施例 3, 4 で使用したゴム材料では、振り破壊強度が 4 6 0 ~ 4 7 0 k g f · m にとどまったが、ゴム材料自体の強度さえ上げれば理論的にはさらに大きな振り破壊強度を得ることも可能である。

【0 0 6 9】また、ナイロン樹脂のような熱可塑性樹脂では、エポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂に比べて熱に弱いとされている。そのために、高周波加熱処理時にその加熱終了のタイミングを誤ると部分的な融解が起こることから、早めに発振を止めざるを得ない。そして、表面温度を測定し、昇温が不足気味であれば再度発振を行って加熱を続けるという面倒な作業が必要になる。これに対して実施例 3, 4 では、軸部 2 の表面温度をリアルタイムでモニタリングして、設定温度に達した時点で電流供給を遮断するようにしているため、過熱による溶融、変形のほか加熱不足による接着不良も全く発生しなかった。

【0 0 7 0】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、FRP製の外筒部材とゴム配合物からなる中間部材との誘電加熱による接合にあたって、外筒部材とその外側に配置される電極との間にアース電極側に向かって肉厚が漸増するスペーサーを介在させるようにしたため、外筒部材と中間部材との間の接合面積が軸方向に広い場合であっても、その軸方向の電界強度を調整することができるようになって、短時間のうちにゴム配合物からなる中間部材を均一に加熱することができる。このため、中間部材とFRP製の外筒部材との界面に介在された加熱反応型の接着剤は、中間部材からの熱を全面にわたって均等に受けられるようになり、一様の温度で昇温し、全面が速やかに反応温度に達して中間部材と外筒部材とを強固に接合できるようになる。そして、中間部材と金属製内筒部材とは予め強固に加硫接着されているため、結果的には金属製の内筒部材とFRP製の外筒部材とが中間部材を介して強固に接合されることになり、接合後においても接合部の信頼性が格段に向上した製品が得られるほか、特に、上記の誘電加熱中に外筒部材と内筒部材とをそれらの軸心を回転中心として一体的に回転させることにより、接合面の円周方向についてもその電界強度を調整して接着剤の反応度合いを均一化できる利点がある。

【0 0 7 1】また、主電極として半円形状や 1 / 3 円形

状等のように軸部の円周方向の一部を覆う断面円弧状のものをを用いることにより、円筒状のものをを用いた場合と比べて軸部のセッティングが容易となるとともに、軸部と主電極との相対回転時の摩擦抵抗も小さくなって、軸部の回転運動が安定化する。

【0 0 7 2】その上、上記のように断面円弧状の主電極を用いることにより、その主電極の幅内にある軸部の外周面の一部が外部に露出することになるため、主電極と対向するように非接触式の温度センサを臨ませて、高周波誘電加熱中の軸部の表面温度をリアルタイムでモニタリングして設定温度と比較することにより、高周波電流の出力調整や供給遮断等を自動的に行うことが可能となって、過熱による溶融や加熱不足による接着不良等の欠陥の発生を未然に防止して品質の向上が図れるほか、高周波加熱処理の完全自動化に大きく貢献することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る外筒部材と内筒部材との接合方法の実施の形態を示す図で、図 2 の要部拡大断面図。

【図 2】車両用プロペラシャフトのFRP製の軸部と金属製のヨーク部とを接合している状態を示す斜視図。

【図 3】スペーサーの斜視図。

【図 4】図 3 の A - A 線に沿う断面図。

【図 5】車両用プロペラシャフトの軸部にヨーク部を圧入する状態を示す斜視図。

【図 6】ヨーク部の斜視図。

【図 7】本発明で使用するスペーサーの変形例を示す断面図。

【図 8】本発明で使用するスペーサーの他の変形例を示す断面図。

【図 9】本発明の他の実施の形態を示す説明図。

【図 1 0】図 9 の B - B 線に沿う拡大断面図。

【図 1 1】高周波誘電加熱中の内部温度と表面温度との相関を示す特性図。

【図 1 2】図 9 と比較のための他の形態を示す説明図。

【符号の説明】

1 … 車両用プロペラシャフト

2 … 軸部 (外筒部材)

3 … ヨーク部 (内筒部材)

4 … ヨーク軸

6 … インシュレータ (中間部材)

7 … 主電極

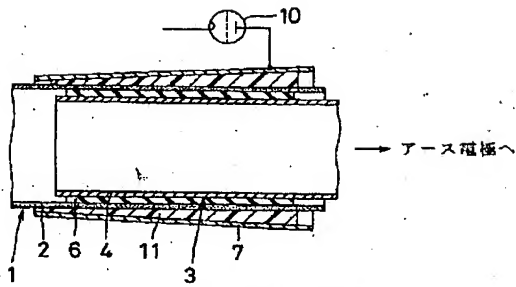
8 … アース電極

1 1 … スペーサー

1 4, 1 5 … スペーサー

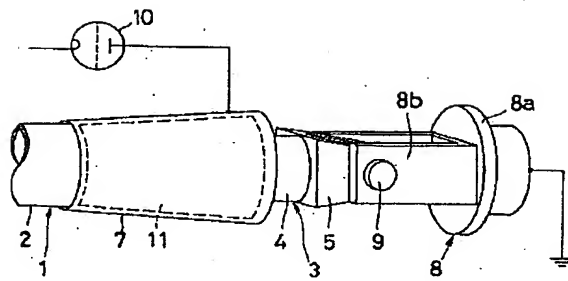
2 8 … 主電極

【図 1】

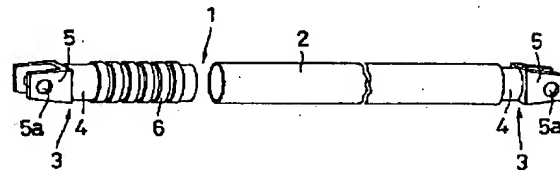


- 1…車両用プロペラシャフト
2…軸部(外筒部材)
3…ヨーク部(内筒部材)
4…ヨーク軸
6…インシュレータ(中間部材)
7…主電極
8…アース電極
11…スペーサー

【図 2】

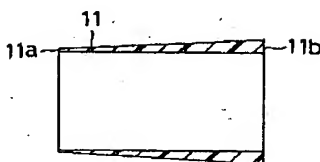
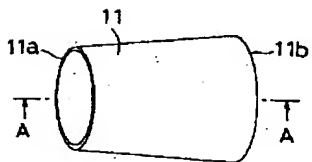


【図 5】

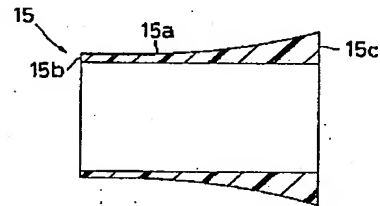


【図 3】

【図 4】

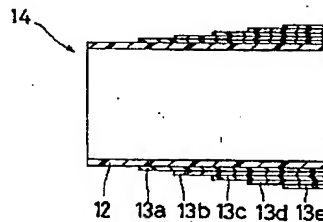
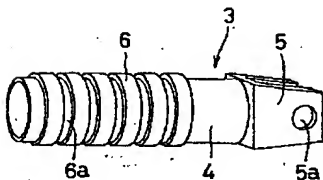


【図 8】

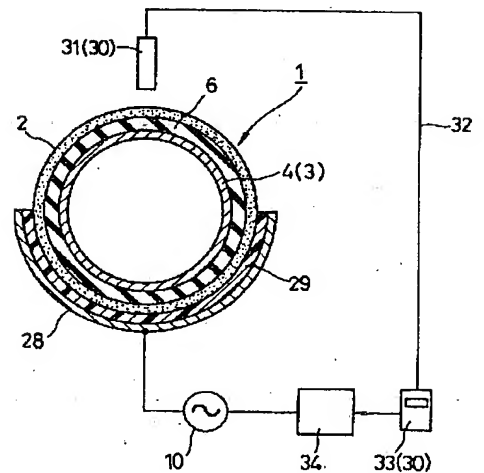


【図 6】

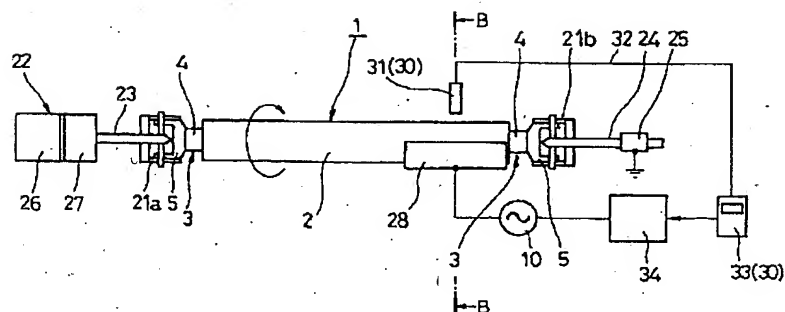
【図 7】



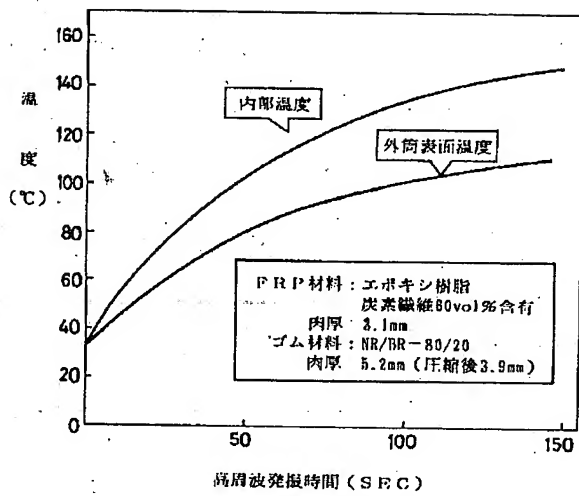
【図 10】



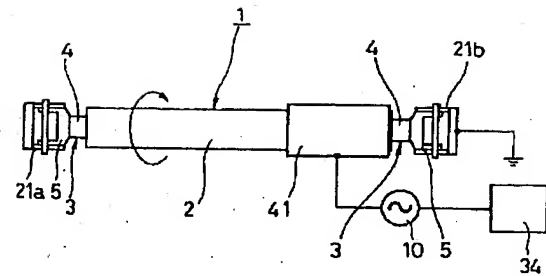
【図 9】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B.2 9 L 23:00